

Die Ultrastruktur der Hautanhangsgebilde

Elisabeth Jung

1964



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555224_0109

AUS DER DERMATOLOGISCHEN KLINIK UND POLIKLINIK
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Prof. Dr. Dr. h. c. A. Marchionini

Die Ultrastruktur der Hautanhangsgebilde

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Elisabeth Jung
aus München

München 1964

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. Th. NASEMANN
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. A. MARCHIONINI
Dekan:	Prof. Dr. O. HUG

Tag der mündlichen Prüfung: 6.10.1964



INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG	6
A. KURZE DARSTELLUNG DER LICHTMIKROSKOPISCHEN STRUKTUR DER HAUTANHANGSGEBILDE	6
B. ULTRASTRUKTUR	8
I. des Haares und des Haarbalges	8
1. Haarpapille und undifferenzierte Matrix	8
2. Haarbalg und Glashaut	9
3. Epitheliale Wurzelscheiden	10
a. Äußere Wurzelscheide	10
b. Innere Wurzelscheide	10
1. Henle'sche Schicht	10
2. Huxley'sche Schicht	11
3. Scheidencuticula	12
4. Haar	12
a. Haarcuticula oder Epidermicula	12
b. Haarrinde	13
c. Haarmark	14
5. Musculus arrector pili	15
6. Diskussion	15
II. der Talgdrüsen	17
1. Cytologie	17
2. Verhalten und Beteiligung der Organellen an der Talg- produktion	19
3. Ausführungsgang und Talgabsonderung	20
4. Diskussion	20
III. der Schweißdrüsen	21
1. Die ekkrinen Drüsen	21
a. Der sekretbereitende, geknäuelte Schlauchabschnitt	21
b. Sekretbildung	23
c. Ausführungsgang	24
2. Die apokrinen Drüsen oder Luftdrüsen	25
a. Der sezernierende Schlauchteil	25
b. Sekretbildung	27
c. Ausführungsgang	28
3. Diskussion	28
C. ZUSAMMENFASSUNG	30
NACHWORT	32
D. LITERATURVERZEICHNIS	33

EINLEITUNG

Seit der Entwicklung des Elektronenmikroskopes vor nun fast 25 Jahren und dessen Anwendung zur Erforschung der Cytologie haben sich viele namhafte Wissenschaftler, besonders A. CHARLES und M. S. C. BIRBECK, mit der Ultrastruktur der Hautanhangsgebilde befaßt und Licht in die vielen Unklarheiten der bestehenden Theorien gebracht.

Durch das hohe Auflösungsvermögen des Elektronenmikroskopes bis zu $10 \text{ \AA}$ ist es möglich, sich mit den kleinsten Partikelchen zu befassen und sie - auch mit Hilfe biochemischer Beweise - in den Wirkungsmechanismus der Zelle, bzw. des Zellsystems, einzuordnen. Natürlich bestehen auch heute in der Ära der Elektronenmikroskopie manche Unklarheiten und Meinungsverschiedenheiten.

Daher ist es angebracht und an der Zeit, die nun jahrelangen Forschungen über dieses Gebiet zu sichten, zu ordnen und gegenüberzustellen, um einen Gesamtüberblick zu bekommen.

A. KURZE DARSTELLUNG DER LICHTMIKROSKOPISCHEN STRUKTUR DER HAUTANHANGSGEBILDE

Zu den Hautanhangsgebilden rechnet man im engeren Sinn die Haare, die Talg- und die Schweißdrüsen.

Am Haar unterscheidet man den die Epidermis überragenden Haarschaft und die Haarwurzel (radix), die dann als Haarzwiebel (bulbus) endet. Radix und Bulbus stecken in der Haut. Das Haar besteht ganz aus Epithelzellen, die wiederum 3 Schichten bilden. Zu innerst ist die Marksubstanz, die in dünnen Haaren meist fehlt und aus kubischen, teilweise verhornten Zellen besteht, die Kernreste und Luft enthalten. Um diese ist die Rindensubstanz angeordnet, eine Schicht spindelförmiger, verhornter und pigmenthaltiger, in Papillennähe mehr rundlicher Zellen. Die Haarcuticula als äußerste Schicht ist eine einzige Lage platter Epithelzellen, die dachziegelartig übereinander angeordnet sind und damit der Haaroberfläche eine gewisse Rauheit verleihen.

Der Haarbalg, der die Hüllen des Haares bildet, hat einen bindegewebigen und epithelialen Anteil. Der Bindegewebsteil ragt als Haarpapille in den Bulbus und umschließt mit einer Zirkulär- und Längsfaser-

schicht die Wurzelscheiden nach außen. Der epitheliale Anteil bildet die innere und äußere Wurzelscheide. Der äußeren liegt die Glashaut auf, deren innere Lamelle epithelialer und deren äußere bindegewebiger Natur ist und somit eine Verbindung zum bindegewebigen Haarbalg herstellt. Die innere Wurzelscheide setzt sich aus drei Schichten zusammen, nämlich von innen nach außen betrachtet aus:

1. der Scheidencuticula, die dem Haaroberhäutchen sehr ähnlich ist,
2. der Huxley'schen Schicht mit kernhaltigen, unverhornten, kubischen Zellen und
3. der Henle'schen Schicht, die aus kernlosen, verhornten, platten Zellen besteht.

Im oberen Drittel der Haarwurzel zieht der M. arrector pili von der Basis des Haarfollikels schräg nach oben zur oberen Schicht des Coriums. Er ist ein glatter, sympathisch innervierter Muskel, der das Haar bei Kälteeinwirkung aufrichten kann.

In dem Winkel zwischen Muskel und Haarbalg ist eine Talgdrüse eingelagert. Die meisten Talgdrüsen sind Anhangsorgane der Haare, nur ein kleiner Teil sind freie (z.B. an Augenlid und Lippe). Sie sind alveoläre bis tubulo-alveoläre Drüsen mit holokriner Sekretion und werden von einer Basalmembran umschieden, unter der sich die Keimschicht befindet. Das Innere der völlig lichtungslosen Talgkolben nehmen polyedrische, von der Keimschicht gelieferte Zellen ein, die im Zuge der Sekretion zu Talgklümpchen werden. Der Ausführungsgang ist von mehrschichtigen Plattenepithel ausgekleidet.

Die Schweißdrüsen, die aufgeknäuelte, tubulöse Drüsen sind und daher auch Knäueldrüsen genannt werden, unterteilt man nach Art der Sekretion in ekkrine Drüsen und in apokrine oder Duftdrüsen.

Die Endstücke der ekkrinen Schweißdrüsen haben ziemlich hohe zylindrische Epithelzellen und ein enges Lumen. Außen sitzt ihnen eine Schicht glatter Muskelzellen auf, die wegen ihrer Abkunft vom Epithel als Myoepithelzellen bezeichnet werden.

Der Ausführungsgang besteht aus einem zweischichtigen kubischen Epithel, besitzt aber keine Myoepithelzellen. Er durchzieht korkzieherartig gewunden das Corium, verliert in den unteren Epidermischichten seine eigene Wandung und mündet trichterförmig in einer kleinen Pore.

Die apokrinen Duftdrüsen sind im Bau den ekkrinen sehr ähnlich, besitzen ebenso Myoepithel, sind aber nicht so stark aufgeknäuelte. Das Lumen der Endstücke ist weiter und das Epithel, je nach Funktionszustand, verschieden hoch. Zytoplasmakuppen ragen in die Schlauchlichtung.

Die Ausführungsgänge der apokrinen Drüsen sind im allgemeinen weiter als jene der Schweißdrüsen.

B. DIE ULTRASTRUKTUR

I. des Haares und des Haarbalges

1. Haarpapille und undifferenzierte Matrix

Die bindegewebige Papille erscheint in den elektronenmikroskopischen Präparaten stark geschrumpft, weil die verwendete Fixierung, die sich für die Epidermis als optimal erwies, für das Bindegewebe weniger geeignet ist, (SELBY zit. nach BONSE 1960).

Die Basalmembran, die die bindegewebige Papille von dem epidermalen Haarfollikel trennt, ist aber auf allen Bildern deutlich sichtbar. Um die Papille herum gruppieren sich die noch undifferenzierten Matrixzellen. Nach BONSE (1960) erscheint die Basalmembran als ein kontinuierliches, strukturloses Band von 200 - 400 Å Dicke. Sie ist von den Matrixzellen durch eine 200 Å breite Zone geringer elektronenoptischer Dichte getrennt. Auch dort, wo die Melanocyten an die Papille angrenzen, ist die Basalmembran nicht unterbrochen.

Die Membranen der Matrixzellen erscheinen im elektronenmikroskopischen Bild wie dünne dunkle Linien. Die Umrisse der Zellen sind extrem unregelmäßig. Interzellularspalten sind vorhanden, (BIRBECK u. MERGER 1957).

Die Zelloberflächen der undifferenzierten Matrixzellen haben zahlreiche, fingerähnliche Vorsprünge oder Pseudopodien. Die Zytoplasmabestandteile aller Matrixzellen sind ähnlich, obwohl aus ihnen die verschiedenen Haarbestandteile entstehen. Es sind viele lange, dünne Mitochondrien vorhanden, wenig nicht granulierte Bläschen und viele kleine, dichte Partikelchen (150-200 Å). Im Zellplasma ist keine Zusammenballung amorphen Materials, das eine Vorstufe des fibrösen Keratins sein könnte, zu sehen, (BIRBECK u. MERCER 1957).

Die Zellkerne sind ungefähr sphärisch, manchmal mit einer einzigen Einkerbung. Die Gebiete, die der Kernmembran anliegen, sind stark granuliert. Nucleoli sind deutlich sichtbar, (BIRBECK u. MERCER 1957).

Die Melanocyten, die ihr Pigment an die Mark- und Rindenzellen abgeben, liegen im oberen Teil der Matrix und zwar zwischen den Matrixzellen. Die Ausläufer der dendritischen Melanocyten dringen zwischen die Zellen der Matrix vor und von dort in die Mark- und Rindenzellen ein, (BONSE 1960).

Nach BIRBECK (1963) sitzen die Melanocyten der Basalmembran auf, sind größer als die verhornenden Zellen, enthalten keine Tonofilamente, sondern zahlreiche Melaningranula, die wiederum im Golgiapparat entstehen. Zuerst fließen einige 500 Å große Vesikeln zusammen und bilden eine Vakuole, deren begrenzende Membran 70 Å dick ist. Im

Inneren liegen locker angeordnete, konzentrische Membranen oder eine einzige spiralig gewundene Membran, an denen sich dunkle Melanin granula niederschlagen. Durch die zunehmende Granulamenge ist am Schluß keine Innenstruktur mehr zu sehen.

Ein endoplasmatisches Retikulum wird gewöhnlich am Zellende gefunden, sehr nahe der Papille des Haarfollikels, (BIRBECK u. MERCER 1957).

B'ONSE (1960) beschreibt die Melanocyten als sehr reich an Zellstrukturen, so daß sie daher leicht von den benachbarten undifferenzierten Matrixzellen zu unterscheiden sind. Im granulären Zytoplasma sieht man den gut ausgebildeten Golgiapparat, der aus wenigen Lamellen und zahlreichen Vesikeln besteht. Er liegt in Kernnähe und zwar immer an der Stelle der Zelle, die der bindegewebigen Papille zugekehrt ist. Die Mitochondrien, die alle dem Cristaetyp angehören, finden sich hauptsächlich in der Nähe des Golgifeldes.

Eine sehr charakteristische Zone, dicht mit Mitochondrien und Bläschen besetzt, aber verhältnismäßig frei von Pigmentgranula, liegt distal vom Kern und ist wahrscheinlich analog dem Golgigebiet der anderen Zellen, (BIRBECK, MERCER u. BARNICOT 1956).

2. Haarbalg und Glashaut

Der bindegewebige Haarbalg umhüllt wie ein mehrschichtiger Strumpf kollagener Fibrillen das Haar mit seinen Wurzelscheiden. Elektronenoptisch sieht man lange Kollagenfibrillen, die axiale Querstreifungen in einer Entfernung von ungefähr $500 \text{ \AA}$ voneinander zeigen und einen Durchmesser von $800\text{--}1000 \text{ \AA}$ haben, im Gegensatz zu den Fibrillen der Glashaut, (ROGERS 1957).

In der inneren Schicht verlaufen die Kollagenfibrillen mehr zirkulär, in der äußeren mehr in Längsrichtung.

In der Glashaut, die um den Haarfollikel, zwischen der äußeren Wurzelscheide und dem bindegewebigen Haarbalg gelegen ist, sah ROGERS (1957) im Längsschnitt zwei Reihen von Fibrillen, die vom Typ der Kollagenfibrillen sind und einen Durchmesser von $500 \text{ \AA}$ haben.

Die innere Reihe liegt den basalen Zellrändern der äußeren Wurzelscheide an, und die Fibrillen sind parallel zur Längsachse des Follikels ausgerichtet.

Die äußere Reihe der Fibrillen liegt der dem Haarbalg zugewandten Seite der inneren Fibrillen an und steht in enger Verbindung mit diesen. Sie sind zu denen der inneren Reihe im rechten Winkel und bündelartig angeordnet.

Aus der Faserstruktur der Glashaut sieht man im Elektronenmikroskop noch die Querbänderung der Fibrillen, (ROGERS 1957).

3. Wurzelscheiden

a) Äußere Wurzelscheide

Die äußere Wurzelscheide besteht aus locker strukturierten, wenig differenzierten Zellen, (BONSE 1963). Der Kontakt zwischen den Zellen ist auf kleine Stellen beschränkt, die sehr deutlich durch die vermehrte Dichte der Membranen und das Material zu erkennen sind, das den Zwischenraum zwischen diesen (120 - 150 Å) einnimmt, (BIRBECK u. MERCER 1957).

BIRBECK u. MERCER (1957) beobachteten, wie SELBY, PORTER u. SJÖSTRAND (zit. nach BIRBECK u. MERCER 1957), an der Epidermis, an den Plasmamembranen der äußeren Wurzelscheide Knotenbildungen.

Die Grenze zwischen äußerer und innerer Wurzelscheide ist nicht fließend. Desmosomen oder interzelluläre Berührungspunkte scheinen die beiden Schichten miteinander zu verbinden, (HAPPEY u. JOHNSON 1962).

b) Innere Wurzelscheide

Die innere Wurzelscheide besteht aus drei konzentrischen Zellzylindern, von denen jeder eine Zellstärke dick ist. Sie entsteht aus den peripheren Teilen der undifferenzierten Matrix.

Das charakteristische intrazelluläre Produkt von allen drei Zellschichten ist das Trichohyalin, das zuerst in amorphen Tropfen gebildet und anschließend in eine doppelbrechende Form umgewandelt wird, (BIRBECK u. MERCER 1957).

1. Henle'sche Schicht.

Sie ist eine einschichtige, platte Scheide, in der sich die Verhornung rascher abspielt als in den anderen Schichten der inneren Wurzelscheide. Trichohyalintropfen erscheinen in den Zellen der Henle'schen Schicht, gleich nach der undifferenzierten Matrix. Sie sind dichte, runde, strukturlose Körper, scheinbar ohne umschließende Membran, die leicht zusammenwachsen, um größere Tropfen zu bilden. Die Umwandlung der amorphen Tropfen erfolgt in der Henle'schen Schicht sehr plötzlich in Höhe des Follikelhalsses. Die amorph-fibröse Umwandlung erfolgt schnell Zelle für Zelle und bringt die Veränderung von allen Trichohyalintropfen mit sich, (BIRBECK u. MERCER 1957).

CHARLES (1959) dagegen sagt, daß die unbestreitbare Anwesenheit von fibrillärem, wahrscheinlich tonofibrillärem Material in den Zellen der inneren Wurzelscheide vor dem Erscheinen von Trichohyalin BIRBECK u. MERCERs (1957) Behauptung einer fibrösen Umwandlung von Trichohyalin zweifelhaft macht.

Man sieht bei stärkerer Vergrößerung im Längsschnitt Fäserchen, die sich in beiden Richtungen parallel zur Follikelachse von den linsenförmigen, amorphen Tropfen aus erstrecken. Im Querschnitt sind die Bilder des veränderten Materials schwierig zu deuten. Man könnte sie als Schnitte gerunzelter Platten, ungefähr 100 A dick ansehen, oder als verdickte Fibrillen von ungefähr 100 A Breite.

Zur gleichen Zeit, da das Trichohyalin sich umformt, wird der Zwischenraum zwischen den Zellmembranen größer und eine dunkle Einlagerung, eine interzelluläre Kittsubstanz, erscheint dazwischen, (ROGERS 1958).

Als erstes Zeichen der bevorstehenden Umwandlung sieht man eine Ansammlung von dichtem Material unter den Plasmamembranen. Die Plasmamembranen trennen sich voneinander (ungefähr 300-400 A) und eine zementartige Masse unbekannter chemischer Zusammensetzung sammelt sich dazwischen an. Diese bildet ein deutliches, dichtes, zentrales Band inmitten weniger dichten Materials. Der "Oberflächenkomplex", der die zwei Zellen vereinigt und eine totale Weite von 300 - 400 A hat, die durch örtliche Unregelmäßigkeiten 500 A erreichen kann, besteht also aus zwei Plasmamembranen, dem interzellulären Zement und dem dichten zentralen Band, dessen Breite ca. 100 A beträgt.

2. Huxley'sche Schicht.

Die Huxley'sche Schicht wird von polygonalen, kernhaltigen Zellen gebildet.

CHARLES (1959) beobachtete in den Zellen der Huxley'schen Schicht kräftig entwickelte Stacheln und Tonofibrillen, die von Zelle zu Zelle laufen. Ein Teil der Trichohyalingranula ist nicht mit fibrillärem Material, der andere deutlich mit den Tonofibrillen verbunden.

Trichohyalintropfen erscheinen auch in der Huxley'schen Schicht, nur nicht so gehäuft und etwas später. Auch die Umbildung des Trichohyalins erfolgt etwas später und langsamer. Wenn das Trichohyalin sich verdichtet, zeigt sich im Längsschnitt ein bemerkenswertes, paralleles System von dünnen Filamenten (oder geschnittenen Platten), die einen geringeren Abstand als 100 A voneinander haben, (BIRBECK u. MERCER 1957).

In der Region, in der die Henle'sche Schicht schon völlig verhornt ist und im elektronenmikroskopischen Bild wie ein Mantel von gleichmäßiger, dichter Struktur aussieht, ist die Huxley'sche Schicht noch so gut wie undifferenziert und enthält in ihren Zellen nur wenig Hyalintropfen.

3. Scheidencuticula

Die Scheidencuticula entspricht sehr dem Aufbau der Haarcuticula und besteht wie diese aus einer schmalen Schicht abgeflachter, dachziegelartig sich überlagernder Zellen. Diese verzahnen sich mit den Schuppen der Haarcuticula, (BARGMANN 1962).

Ihre Zellen enthalten flache, langgestreckte Kerne und kleine Hyalintropfen im Cytoplasma.

Die vorher in 1. und 2. geschilderten Vorgänge treffen auch für die Scheidencuticula zu, nur erfolgen sie zu einem späteren Zeitpunkt. Ein ähnlicher "Oberflächenkomplex" bildet sich auch zwischen den Cuticulazellen. Ebenso kann nach BIRBECK u. MERGER (1957) ein zentrales Band vorhanden sein.

4. Haar

a. Haarcuticula oder Epidermicula

Nach MERCER, LINDBERG u. PHILIP (zit. nach HORSTMANN 1957) wird die Epidermicula als "Endocuticula" bezeichnet, und diese von der "Epicuticula" bedeckt, die die Basalmembran der ca. 100 Å dicken äußeren Zellwand der Schuppenzelle ist. HAPPEY u. JOHNSON (1962) stimmen mit BIRBECK u. MERCER (1957), CHARLES (1959) und ROGERS (1959) darin überein, daß die Exocuticula von amorphem Keratin gebildet wird, und die Endocuticula aus dem Cytoplasma der Cuticulazellen.

Die Haarcuticula besteht aus einer einfachen Lage dachziegelartig übereinanderliegender und abgeflachter Zellen mit ovalen Kernen und glatten Zellgrenzen. Das Cytoplasma weist keine besonderen Differenzierungen auf, (BONSE 1963).

Das erste Unterscheidungsmerkmal der Cuticula ist, daß sich die Zellmembranen glätten, da die der Matrixzellen zahlreiche Pseudopodien und Einstülpungen haben. Dies findet im unteren Drittel der Papillenhöhe statt. Nun laufen die Plasmamembranen strikt parallel in einem Abstand von 100-250 Å voneinander. Der Zwischenraum ist angefüllt mit einem Material, das weniger dicht als die Plasmamembranen ist. Das Zusammenkitten der Cuticulaoberflächen wandelt die ungeordneten, unregelmäßigen Zellen in eine geordnete Schicht von kubischen Zellen. Die nächste Umwandlung, der sich die Cuticulazelle unterzieht, ist die dachziegelförmige Anordnung der kubischen Zellen. Während dieses Vorganges gibt es einige intrazelluläre Veränderungen, aber keine Keratinsynthese. Es entwickelt sich eine Polarisation durch die Kernbewegung zur Außenseite der Zelle und durch die Golgikomplexbewegung zur perinukleären Zone hin und von der Haarrinde weg. Wenn die Zelle kippt, bewegt sich der Kern dem tiefer gelegenen Zellende zu und wird zu einer scheidenähnlichen Form zusam-

mengequetscht. Seine Innenstruktur aber bleibt unverändert. Eine andere Veränderung ist die Entstehung einer amorphen oder vielleicht einer feingranulierten Substanz, die die Innenseite der Plasmamembran bis zur Tiefe von mehreren 100 Å umsäumt, (BIRBECK u. MERCER 1957). Die Cuticulazellen erlangen ihr endgültiges dachziegelförmiges Aussehen bei einer Höhe von 400 - 500 μ von der Keimschicht entfernt. An diesem Punkt geschieht gleichzeitig die Bildung von interzellulären Platten und das erste Auftreten von Keratin. In der gleichen Höhe wird auch nach BIRBECK u. MERCER (1957) das Trichohyalin der Henle'schen Schicht fibrös. Die interzellulären Platten bestehen aus zwei dünnen, sehr dichten Schichten, die durch eine zentrale, dickere, aber weniger dichte Schicht getrennt ist. Diese wiederum kann manchmal von einer anderen dünnen, elektronenoptisch dichten Schicht geteilt werden. Der ganze Komplex ist von den angrenzenden Plasmamembranen durch enge, helle Zwischenräume getrennt, (BIRBECK u. MERCER 1957).

Der Verhornungsprozeß beginnt nach BONSE (1963) auffallend spät und geht sehr langsam vor sich. Das Keratin, das sich durch einen größeren Schwefelgehalt vom fibrösen Rindenkeratin unterscheidet, erscheint zuerst in der Epidermicula, und zwar wie kleine amorphe Tröpfchen mit einem Durchmesser von 300 Å. Sie bewegen sich zur Scheidenseite der Cuticulazelle und vereinigen sich zu einer riegelartigen Form mit schmalen Spalten, die zur Rindenseite der Zelle laufen. Dann füllen sich die Zwischenräume zwischen den Riegeln mit solider Keratinmasse. In diesem letzten Stadium verdichtet sich das übriggebliebene Cytoplasma und die äußere Zellmembran verschwindet. Die Feinstruktur der interzellulären Schicht ist auch verloren gegangen. In dem verdichteten Zellplasma bleibt der Kern wie eine abgeflachte Scheibe zusammen mit den Mitochondrienüberresten und anderen Einschlüssen übrig, (BIRBECK u. MERCER 1957).

CHARLES (1959) sah, wie BIRBECK u. MERCER (1957), daß die Verhornung der Haarcuticula ohne Einschluß von elektronenmikroskopisch sichtbarem fibrillärem Material erfolgt, obwohl solches und Stacheln in den jungen Cuticulazellen vorhanden sind. HAPPEY u. JOHNSON (1962) beobachteten als erste Fibrillenbüschel, die in vielen Cuticulazellen vorhanden sind. Die fraglichen Fibrillen sind wahrscheinlich tonofibrillär im Ursprung und bilden zum größten Teil eine Schicht direkt unter der amorphen Keratinschicht. Sie produzieren auch noch eine zweite Schicht außerhalb der inneren Zellmembran. Dieser morphologisch fibrilläre Bestandteil bildet nach Meinung der Autoren die Schichten der sich entwickelnden Endocuticula.

b) Haarrinde

Die Corticalzellen stammen aus dem inneren undifferenzierten Matrixgebiet und bilden den soliden Zellzylinder, (BIRBECK u. MERCER 1957).

Diese jungen Zellen enthalten Mitochondrien, ungranulierte Bläschen und viele, kleine, dichte Partikelchen, aber kein Keratin, keine Pigmentgranula oder endoplasmatisches Retikulum. Im mittleren Bulbusgebiet ist der Zellkontakt auf kleine lokalisierte Flächen beschränkt. Interzelluläre Lücken sind vorhanden, die Melanozytenfortsätze durchdringen. Die Zelloberflächen sind unregelmäßig. Dann werden die Zellen schmal, und die Zelleinschlüsse, Kerne und Mitochondrien parallel zur Follikelachse ausgerichtet, (BIRBECK, MERCER u. BARNICOT 1956, BIRBECK u. MERCER 1957, BONSE 1963).

Fibröses Keratin erscheint zuerst in lose verbundenen parallelen Bündeln von feinen Filamenten (ca. 80 Å im Durchmesser) im mittleren Haarbulbus. Die Filamente, die langen Mitochondrien und die elongierten Kerne stehen parallel zur Längsachse der Zellen und zur Follikelachse. In der Höhe der Bulbuseinziehung und darüber erscheint eine dichte, amorphe Substanz zwischen den feinen Filamenten und wirkt offenbar wie ein adhäsiver Zement, (BIRBECK u. MERCER 1957).

Die Filamentenbündel formen sich jetzt zu gut erkennbaren Fibrillen. Nach CHARLES (1959) sind diese tonofibrillär. Auch ZAHN (zit. nach HORSTMANN 1957) sah schon in seinen sehr früh begonnenen elektronenmikroskopischen Untersuchungen (1942, 1952) die Filamente und Fibrillen in isolierten Spindelzellen der Rinde.

Das Filamentenbündel innerhalb der Fibrillen ist an einigen Stellen hexagonal angeordnet, an anderen quirlartig. Durch Dislokation der Fibrillen entstehen im Querschnitt Bilder, die an Fingerabdrücke erinnern.

Auch hier, wie in der inneren Wurzelscheide und in der Haarcuticula trennen sich in einer höheren Keratinisierungszone die Membranen gleichförmig bis zu einem endgültigen Zwischenraum von 200 - 250 Å voneinander. Ein besonderes Merkmal ist, daß die Filamente jetzt getrennt zu sein scheinen durch eine neue Substanz, die dichter ist als die Filamente selbst und sich zwischen diese lagert. Der ganze Cytoplasmazwischenraum wird mit Fibrillen angefüllt, die sich schließlich zu massiven Keratinblocks verdichten. Das restliche zelluläre Material liegt in den Zwischenräumen, (BIRBECK u. MERCER 1957).

c) Haarmark

Die Zellen des Marks sind lockerer strukturiert als die Spindelzellen der Rinde. Die Form der Markzellen ist im unteren Teil der Haarwurzel kubisch und wird dann allmählich abgeplattet.

In Matrixnähe haben die Zellen große und vielfach gelappte Kerne, auffällig riesige Mitochondrien und zwischen ihnen die homogenen

Hyalintropfen, deren Auftreten die beginnende Verhornung der Zellen ankündigt. Diese erfolgt in den Markzellen später und unvollständiger als in den Rindenzellen, (BONSE 1963).

5. Musculus arrector pili.

Je nachdem, ob die Zellen beim Schnitt mehr längs oder mehr schräg getroffen werden, erscheinen die Myofibrillen manchmal länger, manchmal kürzer. Das Cytolemma ist deutlich zu sehen mit den zahlreichen Bläschen, die sich innerhalb der Zellperipherie finden. Ausserdem sind dunkle Myofibrillen unbekannter Funktion unter helleren Fibrillen vorhanden. Mitochondrien sind in den Muskelzellen zu sehen. Zwischen den Zellen kommt ein gerieftes fibrilläres Kollagen vor, das manchmal dichter erscheint. Das Cytolemma besteht aus einer Plasmamembran, einer Basalmembran und einer hellen Zwischenregion. Das myofibrilläre Material erscheint verhältnismäßig spärlich. Verdickungen der Plasmamembran wurden nicht beobachtet. Das extrazelluläre Kollagen zeigt in Zellnähe Streifungen mit einem Abstand von 60 Å.

Viele unbekannte Strukturen sind zu sehen, die Lipide zu sein scheinen oder Pigment. Andere strukturierte Körper sind zu klein, um Mitochondrien sein zu können. Außerdem sieht man noch ein membranumgebenes Gebilde, das zahlreiche Bläschen enthält, (CHARLES 1960).

Ein Ast des peripheren sympathischen Nervensystems ist gut zu sehen. Synaptische Bläschen scheinen nicht vorhanden zu sein, aber vermutlich Neurofibrillen, (CHARLES 1960).

6. Diskussion

Mit dem Elektronenmikroskop konnten am Haarfollikel viele neue Erkenntnisse erworben werden. Der bindegewebige Haarbalg ist, wie schon gesagt wurde, nicht elektronenmikroskopisch untersucht worden, da die Fixierung für das Epithel sich ungünstig auf das Bindegewebe auswirkt, und die viel interessantere epitheliale Haarmatrix mit ihren haarbildenden Zellen und Melanocyten ihm direkt anliegt und ein günstigeres Studienobjekt darstellt.

Da die Umrisse der Matrixzellen sehr unregelmäßig und Intercellularspalten vorhanden sind, sahen BIRBECK u. MERCER (1957) darin einen Beweis für die Dehnbarkeit und einen Mangel an Adhäsionskraft der Plasmamembranen.

Die nichtgranulierten Bläschen im Cytoplasma könnten als Golgi-Bläschen angesehen werden und die vielen kleinen Partikelchen (150 - 200 Å) als Palade'sche Granula, (BIRBECK u. MERCER 1957).

Mit dem Elektronenmikroskop erkannte man die Feinstruktur und damit auch den Sitz der Pigmentbildung in den Vesikeln des Golgi-Apparates der Melanocyten, (BIRBECK, MERCER u. BARNICOT 1956, DALTON 1959, BIRBECK u. BARNICOT 1959, BARNICOT 1963,

BONSE 1963).

Damit tauchte auch die Frage auf, ob die Farbe oder die Struktur der Pigmentkörner oder beides die Haarfarbe bedingen. Untersuchungen darüber machten BARNICOT, BIRBECK, CUCKOW (1955) und BONSE (1963) und fanden, daß sowohl die Form als auch die Dichte der Innenstruktur der Pigmentkörner ausschlaggebend für die Haarfarbe sind.

Lichtmikroskopisch besteht der Haarbalg aus innen zirkulär und außen längslaufenden elastischen Fasern. Das Elektronenmikroskop bestätigte die Grobstruktur des bindegewebigen Haarbalges, zeigte aber die feine Querstreifung der Kollagenfibrillen.

STÖHR (zit. nach ROGERS 1957) behauptete, die Glashaut bestehe aus zwei Bestandteilen. Einer soll von der äußeren Wurzelscheide stammen, also epithelialer Herkunft sein, der andere vom bindegewebigen Haarbalg.

Auch MONTAGNA (zit. nach ROGERS 1957) hat durch einen histologischen Beweis dargestellt, daß in der menschlichen Kopfhaut die Glashaut doppelten Ursprungs sei.

Die Anwesenheit von Kollagen in der Glashaut wurde aufgrund der grossen Affinität zu Kollagenfärbemitteln angenommen. Das Elektronenmikroskop hat nicht allein die Faserstruktur der Glashaut enthüllt, sondern auch die Querstreifung der Fibrillen, die ein Zeichen der Kollagenreife darstellen, (ROGERS 1957).

Der Übergang zwischen innerer und äußerer Wurzelscheide wurde immer als glatt angesehen, damit die innere Wurzelscheide während des Haarwachstums an der äußeren entlang gleiten kann. HAPPEY und JOHNSON (1962) sahen, daß Desmosomen oder intercelluläre Berührungspunkte beide miteinander verbanden und bewiesen diese Feststellung durch die Tatsache, daß beim Herausziehen des Haares die äußere Wurzelscheide recht häufig um den Follikel liegt. Wenn aber dieser Übergang glatt wäre, so müßte sich bei diesem Vorgang die innere von der äußeren Wurzelscheide lösen und die äußere in der Haut zurückbleiben.

Wenn sich das Trichohyalin in den Schichten der inneren Wurzelscheide verdichtet, sieht man dünne parallele Filamente im Längsschnitt. Diese Erscheinung stimmt mit dem plötzlichen Auftreten der Anisotropie überein, (BIRBECK u. MERCER 1957).

Im sogenannten Membrankomplex sehen BIRBECK u. MERCER (1957) den Zweck, daß die verhärteten Zellen zusammengehalten werden.

HOEPKE u. MONTAGNA (zit. nach BIRBECK u. MERCER 1957), die Haare mit dem Lichtmikroskop untersucht haben, versuchten die Abwärtsneigung der distalen Enden der Haarcuticulazellen durch die Annahme zu erklären, daß die innere Wurzelscheide schneller wächst

als die Haarrinde. Es gibt keinen überzeugenden elektronenmikroskopischen Beweis für oder gegen diese Vermutung. Jedoch, da das Abflachen der Cuticulazelle durch die SCHMITT'sche Theorie vom "reiverschluartigen" Ausbreiten der Zellkontakte, erklärt werden könnte, wäre es möglich die Theorie auszudehnen, um diese Neigung der Zellen zu erklären, (BIRBECK u. MERCER 1957).

LITTER, SCHEIDT und LAMBART (1921) (zit. nach BODINGBAUER u. KLIMA 1960) nahmen an, daß die Cuticula nicht pigmentiert sein könne, da ihre Zellen gegen die Rinde hin streng abgeschlossen sind und damit die Einlagerung von Pigment unmöglich wird. WEINBERGER (1957, zit. nach BODINGBAUER u. KLIMA 1960) dagegen schildert das Eindringen von Pigment, und zwar als Melanocytenfortstze des Markes in die Zellzwischenräume der Cuticula. Andere Autoren berichteten nichts davon.

Zwischen den Zellcken der Haarrinde befinden sich die Melanocytenfortstze und die daraus resultierende Beziehung zwischen ihren pigmenttragenden Spitzen und den Windungen der Zellmembranen läßt an eine aktive Phagocytose der Spitzen denken, (BIRBECK u. MERCER 1957).

Das Auftreten der interfilamentren Substanz wurde als ein wichtiger Faktor in der Keratinisierung angesehen. Keratin wird für einen Komplex aus feinen Filamenten (α -Filamente) gehalten, die in eine amorphe Substanz (γ -Keratin) eingelagert sind, die einen höheren Cystingehalt besitzt, (BIRBECK u. MERCER 1957).

Der Musculus arrector pili ähnelt strukturell den anderen glatten Muskeln weitgehend. Die zelluläre Natur des Muskels und die Existenz des Membransystems, die notwendig zur Erklärung der Reizauslsung und der Reizweiterleitung sind, konnten elektronenmikroskopisch nachgewiesen werden. Die Natur und die Funktion der dunklen Myofibrillen ist noch weitgehend unbekannt, (CHARLES 1960).

II. der Talgdrüsen

1. Cytologie

Der Fundus des Talgacinus setzt sich aus einigen Zellschichten zusammen, die peripher von einer Basalmembran begrenzt sind und nur manchmal ein zentrales Lumen haben, (HIBBS 1962). Die meisten Zellen, ausgenommen die der Basalmembran am nächsten gelegenen, enthalten dichte Granula, deren Größe, Anzahl und Dichte gegen das Zentrum des Acinus zu größer werden. Die mehr zentral gelegenen Zellen enthalten dicht aneinanderliegende Granula, die durch dünne Cytoplasmastrhnen voneinander getrennt werden.

Die Aciniszellen im Bereich und nahe der Basalmembran sind polygonal und enthalten große Kerne. Häufig sind Nucleoli mit einer schnurartigen Innenstruktur vorhanden. Kleine, dichte Mitochondrien sind über das Cytoplasma verstreut, (MONTAGNA 1955, HIBBS 1962). Nach ROGERS (1957) enthalten diese gewöhnlich ein oder mehrere Granula, deren Querschnitt zwischen 400 - 800 Å variiert. Endoplasmatisches Retikulum ist nach HIBBS (1962) schwierig zu erkennen. Auch ROGERS (1957) sah es nur sehr selten, weder in den vertalgenden noch in den nicht vertalgenden Zellen. Diese Seltenheit ist nach Ansicht dieses Autors ein übereinstimmendes Merkmal der holokrinen Zellen. Kleine glattwandige Bläschen, die auch nach ROGERS (1957) von mehreren glatten Membranen umgeben sein können, sind zu sehen, aber nicht die großen, abgeflachten, mit Granula bedeckten, die charakteristisch für die meisten anderen Drüsenzellen sind, (CHARLES 1960, HIBBS 1962). Viele Palade'sche Körnchen werden jedoch frei im Cytoplasma gefunden. Sie sind oft in kleinen Häufchen angeordnet und scheinen keine Affinität zu Membranbestandteilen des Cytoplasmas zu haben.

Golgimaterial ist in den peripher gelegenen Zellen in schmalen, weit voneinander getrennten Inseln vorhanden, aber in Zellen, die mehr Lipidtröpfchen enthalten, kann Golgimaterial selten gesehen werden. Tropfen sind in einigen der Basalzellen in Form von hell sich färbenden, membraneingeschlossenen Kügelchen vorhanden. Diese Kügelchen, deren Elektronendichte sich von einem Tropfen zum andern ändert, bestehen aus einer fein granulierten Substanz, (HIBBS 1962). Die Membranen der Basalzellen passen so eng aneinander, daß selten interzelluläre Zwischenräume zu sehen sind. Cytoplasmamembranwindungen sind nicht selten, aber niemals so kompliziert wie die in den anderen epidermalen Drüsen. Auch sind kleine und in weitem Abstand voneinander angeordnete Desmosomen vorhanden, (HIBBS 1962).

Zellen der mehr oberflächlichen Schicht der Talgacini sind sehr unterschiedlich strukturiert. Die den Acinizentren am nächsten gelegenen Zellen bestehen nur aus wenigen Cytoplasmastrahlen. Den übrigen Raum nehmen die zahlreichen, großen Lipidtröpfchen ein, die um den Kern angeordnet sind und im Elektronenmikroskop ein netzartiges Aussehen haben, (CHARLES 1960, HIBBS 1962). Mitochondrien sind selten, die Kerne sehr stark gefärbt und von den zahlreichen Fettkügelchen zusammengedrückt und eingekerbt, (CHARLES 1960). Kein Golgiapparat, noch endoplasmatisches Retikulum, noch Palade'sche Körnchen sind zu sehen.

Außerdem gibt es noch eine Art von Übergangszellen in den Talgacini, die gestaltlich eine Zwischenstellung zwischen den gerade beschriebenen degenerierten Zellen und den Basalzellen einnehmen. Die Grösse und Zahl der Fettröpfchen wächst um so mehr in den Zellen an,

die sich näher zum Zentrum des Acinus befinden. Die Tropfen wachsen an, aber behalten während des Reifungsprozesses noch ihre granuläre Konsistenz und ihre Begrenzungsmembranen, (HIBBS 1962). Dagegen steht die Beobachtung von CHARLES (1960), der auch in frühen Stadien keine Membran um die Fettropfen entdecken konnte. Mitochondrien sind im Cytoplasma aller Übergangszellen vorhanden, zeigen geringe Formveränderungen von den tiefsten bis zu den oberflächlichst gelegenen Zellen und nehmen an Zahl gleichmäßig in dieser Richtung ab. Cytoplasmavakuolen sind in einigen Zellen zahlreich, in anderen nicht vorhanden. Wenn sie vorhanden sind, sind sie sphärisch, dazu gleichmäßig im Cytoplasma verteilt und haben einen Durchmesser von $0,05\ \mu$ bis zu $0,5\ \mu$, (ROGERS 1957, HIBBS 1962). Kein endoplasmatisches Reticulum ist zu sehen, aber Palade'sche Körnchen, die, je näher die Zelle der Acinusmitte zu gelegen ist, an Zahl abnehmen, (HIBBS 1962).

Die Basalmembran unterscheidet sich sehr von einem Gebiet der Drüse zum anderen. In dem mehr distalen Acinusteil besteht sie aus einem Filzwerk von Filamenten, zahlreichen Kapillaren und abgeflachten Fibroblasten. Die anderen Gebiete der Basalmembran haben eine kompliziertere Struktur. Sie besteht aus einigen Schichten feiner paralleler Filamente; diese verlaufen in den einzelnen Schichten immer senkrecht zu denen der angrenzenden. Unter der tiefsten Schicht finden sich noch gewöhnlich eng aneinanderliegende kollagene und elastische Fasern, (HIBBS 1962).

2. Verhalten und Beteiligung der Organellen an der Talgproduktion.

Die Paladekörnchen sind am zahlreichsten in den Zellen, in denen Lipidtropfen gerade zu erscheinen beginnen. Daher liegt die Vermutung nahe, daß sie an der Talgsynthese beteiligt sein könnten, (HIBBS 1962).

ROGERS (1957) beschreibt die Anwesenheit von dichten Granulaeinschlüssen in den Mitochondrien von Talgdrüsen junger Mäuse. Er glaubt, daß diese der Anfang einer solchen Umwandlung sein könnten. HIBBS (1962) konnte nichts Derartiges feststellen. Er nimmt an, daß, da Golgimaterial nur in mehr peripher gelegenen Zellen mit weniger und kleineren Lipidtröpfchen vorhanden ist, diese in den Golgibläschen ihren Ursprung haben.

Jedoch werden die kleinsten der beobachteten Tropfen von Membranen, die aus Golgimaterial bestehen könnten, (HIBBS 1962), umgeben. Auch sind die Lipidtropfen, wenn sie die Größe erreicht haben, um mit dem Lichtmikroskop gesehen zu werden, immer eng mit der Golgisubstanz verbunden, (HIBBS 1962). CHARLES (1960) sah, wie ein Fetttröpfchen sich in einem Gebilde unbekannter Art entwickelte, dessen Struktur aber keinen Anhaltspunkt gab, daß es sich um ein Mitochondrium handelte. Die Lipidtropfen scheinen sich seiner Ansicht nach

direkt im Cytoplasma zu entwickeln.

Nach MONTAGNA (1955) erscheinen die ersten Fettvakuolen im perinucleären Cytoplasma inmitten vieler Mitochondrien. Diese finden sich noch im frisch gebildeten Talg und haben daher nach Ansicht des Autors einen Einfluß auf die Talgbildung, werden aber selbst nicht in Fetttropfen umgewandelt. Auch die Zahl der Cytoplasmavacuolen scheint ohne Beziehung zur Größe und Zahl der Fettröpfchen zu sein, (HIBBS 1962).

3. Ausführungsgang und Talgabsonderung.

Es ist elektronenmikroskopisch sehr schwer, den genauen Übergang von den Drüsenzellen zu den Gangzellen zu bestimmen, (HIBBS 1962). Der Ausführungsgang wird von mehrschichtigen Plattenepithel ausgekleidet. Das Innere des Ausführungsvorganges besteht aus zwei Strukturarten, einer glatten und einer netzartigen, und zwischen beiden ist ein dichtes, feingranuliertes Material zu sehen. Im Quer- und auch im Längsschnitt ist der Ausführungsgang bei der Öffnung in den Haar kanal sehr schwierig darzustellen. Innerhalb des Duktus sind glatte und netzartige Granula zusammen mit dichtem granulären Material und Kernüberresten zu sehen. Sie könnten zusammengedrückte Sekrettröpfchen sein, die aber wegen ihrer teigigen Konsistenz ihre Eigenheit bewahren, (CHARLES 1960).

Eine Talgabsonderung mit Hilfe des Musculus arrector pili scheint nicht in Betracht zu kommen, wie KLIGMANN und SHELLEY (1958) beweisen konnten. Trotz einer durch Adrenalininjektion entstandenen Gänsehaut konnten sie keine erhöhte Talgabgabe feststellen. Nach der üblichen Vorstellung wird der Talg dem Ausführungsgang durch Aufschub zugeleitet. Es ist aber vielmehr anzunehmen, daß ein Transport flüssigen Fettes durch die Zellschichten hindurch zum Ausführungsgang hin erfolgt, (BARGMANN 1962).

4. Diskussion.

Die elektronenmikroskopischen Beobachtungen bestätigen viele Arbeiten, die mit dem Lichtmikroskop gemacht wurden und konnten einige feinere morphologische Details klären. Trotzdem herrscht noch immer keine klare Vorstellung über den Talgproduktionsmechanismus.

Im vergangenen Jahrhundert wurde die Entstehung des Talges im allgemeinen nach der alten VIRCHOW'schen Auffassung auf eine fettige Umwandlung der Talgdrüsenzellen durch Nekrobiose zurückgeführt. Heute stellt man sich den Vorgang nicht als "Umwandlung" der Drüsenzelle in Sekret vor, sondern als Synthese von Sekret, also echte Drüsentätigkeit, in deren Verlauf die Zelle stirbt.

Schon im Jahre 1914 behauptete NICOLAS (zit. nach HIBBS 1962), daß die Fettröpfchen direkt von den Mitochondrien gebildet werden. SUS-

KIND (1951, zit nach HORSTMANN 1957) stellte als erster fest, daß die Golgi-Elemente an der Bildung des Talges beteiligt sind.

Dem gegenüber stehen die nun neuen, elektronenmikroskopischen Beobachtungen und die daraus resultierenden Vermutungen über die Talgsynthese, die unter 2. einander gegenübergestellt wurden. Aber auch sie brachten bis jetzt keine eindeutige Klarheit über die Mechanismen der Talgproduktion.

III. der Schweißdrüsen

1. die ekkrinen Drüsen.

In den ekkrinen Drüsen gibt es merkliche histologische Unterschiede von einem Gebiet der Drüse zum anderen. Diese einzelnen Abschnitte gehen ohne scharfe Grenzen fließend ineinander über.

a) Der sekretbereitende, geknäuelte Schlauchabschnitt.

Die Tubuli besitzen eine Basal- und eine Oberflächenschicht. Alle Zellen beider Schichten stehen in Kontakt mit Basalmembran und Lumen, so daß das, was aus zwei Zellschichten zu bestehen scheint, in Wirklichkeit nur eine ist, (MONTAGNA 1953, zit. nach HIBBS 1958). Als Beweis hierfür kann gelten, daß dann, wenn der Tubulus sich erweitert, nur eine Zellschicht vorhanden ist.

Die Zellmembranen, die das Lumen ($5,0\text{ }\mu$ bis $30,0\text{ }\mu$ Durchmesser) umgeben, sind mit Microvilli verschiedener Größe bedeckt, (HIBBS 1958). Feine Papillen ragen in das Lumen hinein und sind dort im Quer- und Längsschnitt zu sehen, (CHARLES 1960). Außer dem Hauptlumen sind interzelluläre Canaliculi (Durchmesser $1,5\text{ }\mu$) zu sehen, die auch von Microvilli umsäumt werden. Diese aber sind von gleichmäßiger Größe und Gestalt und haben einen Durchmesser von ungefähr $0,07\text{ }\mu$, (HIBBS 1958).

CHARLES (1960) und MUNGER (1961) fanden zwischen den gruppenförmig angeordneten Zellen ein interzelluläres Kanalsystem aus Membranen, das sich von der Zellbasis bis zum Lumen erstreckt. Intrazelluläre Canaliculi wurden außer von CHARLES (1960) von keinem der Autoren im Elektronenmikroskop gesehen, (HIBBS 1958, MUNGER 1961).

Die Basalschicht unter den Zellen ist ungleichmäßig dick und kerbt mit schmalen, fingerartigen Fortsätzen das Cytoplasma der darüberliegenden Zellen ein.

Die Myoepithelzellen, die schwierig von glatten Muskelzellen zu unterscheiden sind, können zwischen sezernierenden Zellen und manchmal nahe des Lumens liegen. Jedes Ende der Zelle ist an der dicken Basal-

membran verankert. Myoepithelzellen sind im Querschnitt als schmale Inseln fibrösen Cytoplasmas, die zwischen Basalzellen eingeschoben sind, zu sehen. Sie liegen der Basalmembran an oder sind ihr nahe, (LADEN, LINDEN u. ERICKSON 1955, HIBBS 1958).

Die Cytoplasmamembranen der sekretorischen Zellen sind extrem gefaltet. Die Zellmembranen, die dicht aneinanderliegen, können sich von beiden Seiten ein- bis zehnmal oder öfter falten. Ähnliche Faltung der Cytoplasmamembranen sind am Kontaktpunkt von Basalzellen mit Basalmembran zu sehen. Hier werden die Falten nur von einer Zellmembran gebildet. Diese stehen senkrecht auf der Basalmembran.

In sezernierenden Drüsen fand HIBBS (1958) außer den myoepithelialen Zellen drei Zellarten.

Eine Art, besonders an der Oberflächenschicht lokalisiert, färbt sich sehr hell mit Osmium, so daß sich die Bestandteile im Cytoplasma deutlich hervorheben. Mitochondrien sind mäßig vorhanden und haben die Form von Kugeln bis kurzen Stäbchen. Die längsten sind ungefähr $3,0 \mu$ lang. Cristae sind in den Mitochondrien zahlreich vorhanden.

Nach MUNGER (1961) befinden sich die Mitochondrien, von denen einige Granula enthalten, in geringer Zahl im apikalen Teil der Zelle. Das endoplasmatische Retikulum besteht aus vielen kleinen Bläschen, an deren Oberfläche viele winzige Körnchen haften. Viele ähnliche Granula sind frei im Cytoplasma verstreut.

Gut abgegrenzte Golgifelder werden selten angetroffen, obwohl glattwandige Bläschen, ein Teil des Golgimaterials sein könnten, (HIBBS 1958). Im Gegensatz dazu fand MUNGER (1961) einen gut ausgebildeten Golgiapparat, der kleine Sekretkörperchen mit fibrillärem oder granulärem Material enthält, die als "Prosekretvakuolen" angesprochen werden. Deutliche Vakuolen - zahlreich und apikal gelegen (MUNGER 1961) - und homogene Körper verschiedener Größe und Dichte sind im Cytoplasma enthalten. CHARLES (1960) sah in den "hellen" Zellen sekretorische Lipoidgranula, die mit einer Kappe von leicht pigmenthaltiger Substanz versehen sind. Der Zellkern ($1-2 \mu$ Durchmesser) befindet sich unterhalb der apikalen Sekretionsvakuolen. Diese werden von einer Membran umgrenzt, die den größten Teil derselben umschließt. Das übrige Cytoplasma enthält feine Granula mit einem Durchmesser von ca. $150 \text{ \AA}$, (MUNGER 1961).

Die Zellen der zweiten Art, die "dunklen" Zellen sind leicht durch ihr extrem dichtes, fein granuliertes Cytoplasma zu unterscheiden. Die Mitochondrien sind in Größe und Verteilung ähnlich denen der ersten Art. In das spärliche endoplasmatische Reticulum, das nur aus einigen kleinen Granula besteht, sind Blasen eingeschlossen, (HIBBS 1958). In den "dunklen" Zellen sind keine sekretorischen Gra-

nula zu sehen,(CHARLES 1960). Die Nuclei sind basal gelegen.

Eine dritte Zellart, die nur HIBBS (1958) in der Literatur erwähnte, scheint einen Übergang zwischen Myoepithel- und sezernierenden Zellen zu machen. Sie werden gewöhnlich in Gruppen von zwei oder mehreren gefunden, aber jede Zelle steht in Kontakt mit der Basalmembran. Ihr fein granuliertes Cytoplasma enthält einige typische Mitochondrien und eine geringe Menge endoplasmatischen Reticulums. Diese Zellen enthalten als besonderes Kennzeichen ein oder mehrere Bündel von Filamenten, die nicht von denen der glatten Muskulatur und der Epithelzellen zu unterscheiden sind. Diese Bündel laufen in einer Richtung, und zwar senkrecht zur Basalmembran. Sie sind regelmäßig innerhalb des Cytoplasmas angeordnet. Die Cytoplasmamembranen dieser Zellen weisen die gleichen, lokalisierten Faltungen auf wie die der gewöhnlichen sezernierenden Zellen, ein Merkmal, das nie, weder bei den glatten Muskelzellen noch bei den Myoepithelzellen gesehen wurde.

b) Sekretbildung.

Die Schweißbildung geht nicht mit erheblichen morphologisch nachweisbaren Zellveränderungen vor sich. Dabei werden keine Zellteile abgeschieden.

Die Sekretionsgranula sind zwar sehr eng mit einem oder mehreren Mitochondrien verbunden, haben aber keine Beziehung zum Golgiapparat. Auch gab es keinen Beweis für die Behauptung der japanischen Schule, daß Mitochondrien direkt in sekretorische Granula umgewandelt werden,(CHARLES 1960). Heute wird kaum mehr die Ansicht vertreten, daß Mitochondrien selbst in Sekret umgewandelt werden.

MUNGER (1961) beschreibt im gut ausgebildeten Golgiapparat kleine Sekretkörperchen mit fibrillärem oder granulärem Material. Er bezeichnet diese als "Prosekretvakuolen". Diese Tatsache könnte vielleicht ein Beweis für die Theorie der Sekretsynthese aus dem Golgi-material sein ITO (zit. nach HORSTMANN 1957) schließt aus seinen eigenen Untersuchungen auf eine Umwandlung in osmiophile Substanzen.

Die Anwesenheit vieler Mitochondrien in den Zellen des Ausführungsganges unterstützt die Ansichten von KUNO, LOBITZ und MASON (zit. nach CHARLES 1960), daß diese Zellen die Zusammensetzung oder Konzentration der ekkrinen Sekretion regulieren könnten.

Nach MONTAGNA (zit. nach CHARLES 1960) könnte die "dunkle" Zelle eine "präsekretorische Phase" der Zelle darstellen.

c) Ausführungsgang.

Der Ausführungsgang kann in einen gewundenen Abschnitt und einen gestreckten unterteilt werden.

Der erstere besteht meist wie der sekretbereitende Abschnitt aus zwei Zellagen, manchmal auch nur aus einer. Mitochondrien sind dichter, zahlreicher und kleiner, (CHARLES 1960). Das Cytoplasma der Basalzellen ist dichter als das der oberflächlichen Zellen. Die Basalmembran ist dünner als die des sezernierenden Teiles. In das Lumen ragen kurze Cytoplasmafortsätze, die dichter und unterschiedlicher an Größe und Form sind als die Mikrovilli des sekretbereitenden Abschnittes. Außerdem tragen breite Desmosomen zu dem starken Elektronenkontrast bei, (Ellis u. MONTAGNA 1961). Im Cytoplasma der oberflächlichen Zellen, die direkt unter der Lumenoberfläche liegen, sind osmiophile Bänder zu sehen. Dadurch sieht das Lumen wie mit einem schwarzen Ring umgeben aus, (HIBBS 1958).

SCHMIDT (1959), CHARLES (1960) und MUNGER (1961) machten fast die gleichen Beobachtungen. Das Lumen ist von einer Cuticula umgeben, die mit kurzen, plumpen Papillen besetzt ist. Das dunkle Aussehen der Cuticula kommt von der großen Menge von Tonofilamenten, die die Randzone der oberflächlichen Zellen durchsetzen. Diese sind miteinander verzahnt und durch ungewöhnlich viele Desmosomen verbunden.

Faltungen der Zellmembranen, ähnlich denen wie sie im sekretbereitenden Abschnitt beschrieben wurden, sind im Ausführungsgang vorhanden, aber sie sind einfacher und nicht so zahlreich. Myoepithelzellen sind in kleiner Anzahl in der Übergangszone zwischen dem sekretbildenden Gebiet und dem Ausführungsgang vorhanden, aber nicht im eigentlichen Ausführungsgang selbst, (HIBBS 1958).

Der gerade Abschnitt des Ausführungsganges ist dem gewundenen ähnlich, nur die Cuticula ist dicker und dichter geworden (HIBBS 1958, CHARLES 1960). Weniger Fortsätze sind an der Lumenoberfläche vorhanden und Zellmembranfaltungen sind weniger kompliziert als im gewundenen Abschnitt. Dichtere Partien an den aneinanderliegenden Zellmembranen sind zu sehen, (HIBBS 1958). Wenn der Ausführungsgang zur Epidermis aufsteigt, wird das Lumen immer mehr von der dunklen, mit Papillen versehenen Cuticula umgeben, bis dieses ganz verschlossen ist. Für den Durchgang des Schweißes bleibt nur ein Kanal, der zwischen eng zusammengepreßten Papillen verläuft. Innerhalb der Epidermis scheinen sich die Zellen zu verhornen. Sie enthalten dann Keratohyalinkörner und zwar bereits unterhalb des stratum granulosum der Epidermis. Da die Ductuszellen im Vergleich zu den benachbarten Epidermiszellen heller sind, sind sie leicht von diesen zu unterscheiden, (CHARLES 1960).

2. Die apokrinen Drüsen oder Duftdrüsen.

a) Der sezernierende Schlauchteil.

Die Tubuli der apokrinen Drüsen sind leicht von denen der ekkrinen durch ihre großen Lumina und ihre vielen sekretorischen Granula im Cytoplasma zu unterscheiden. Die sezernierenden Zellen liegen an längs gerichteten Myoepithelzellen und springen in das Lumen vor, (CHARLES 1959). Cytoplasmafortsätze der sezernierenden Zellen laufen zwischen Myoepithelzellen und stehen mit der Basalmembran in Kontakt. Die Myoepithelzellen gleichen sehr den glatten Muskelzellen, unterschieden sich aber darin von ihnen, daß die Kerne peripher in kleinen Cytoplasmanestern ohne Myofilamente angeordnet sind, (HIBBS 1962). Die Myoepithelzellen sind viel kräftiger in den apokrinen Drüsen als in den ekkrinen entwickelt. Im Längsschnitt sind sie 60μ und mehr lang und enthalten lange dunkle Fibrillen, die in eine helle, inhomogene Substanz eingelagert sind, (CHARLES 1959). Zwischen Myoepithelzellen und den sezernierenden Zellen finden sich ziemlich große interzelluläre Zwischenräume, (CHARLES 1959, HIBBS 1962).

Die Sekretionszellen der ruhenden Drüse sind in der Gestalt kubisch bis zylindrisch. Sie enthalten runde und basal angeordnete Kerne und einen oder mehrere große Nucleoli. Zahlreiche Mitochondrien sind über das ganze Cytoplasma verstreut - außer über das Golgfeld - und nahe der Lumenoberfläche. Die Mitochondrien sind oval, haben eine große Innendichte und sehr ungewöhnlich angeordnete, doppelte Cristae, (CHARLES 1959, HIBBS 1962).

Die Golgizone ist gewöhnlich sehr deutlich zu sehen, ihr Durchmesser zuweilen so groß wie der dritte Teil einer Zelle. Sie ist zwischen dem Kern und der dem Lumen zugewandten Zellmembran gelegen und enthält viele kugelige Bläschen mit einem Durchmesser von 1μ bis 5μ . Manchmal sind kleine Gruppen paralleler Lamellen im Golgiapparat zu sehen. Zahlreiche, osmiophile Granula ($250\text{ \AA}$ - $1000\text{ \AA}$ im Durchmesser), von denen die größten helle Zentren haben, sind außerdem vorhanden, (HIBBS 1962).

Das endoplasmatische Reticulum hat einen geringen Membranbestandteil, der aus nur wenigen, kleinen, verstreuten, granulabedeckten Bläschen besteht. Jedoch sind viele Palade'sche Körnchen frei im Cytoplasma vorhanden, nicht aber im Golgfeld und nahe der Lumenoberfläche, (HIBBS 1962). Zahlreiche sekretorische Zellen enthalten osmiophile Granula (bis zu 2μ Durchmesser). Viele von diesen sind zwischen Kern und der dem Lumen zugewandten Zelloberfläche angeordnet und umgeben das Golgfeld. Diese sind anscheinend die Sekretgranula, die sich sehr hinsichtlich Größe und Dichte unterscheiden. Helle Granula sind sehr zahlreich nahe dem Golgfeld gelegen.

Die eine gewisse Zwischenstellung einnehmenden Granula sind hell, enthalten aber ein im Zentrum dunkles Feld, (HIBBS 1962).

CHARLES (1959) beschreibt zwei Arten sezernierender Granula, "glatte" und "rauhe". Die "rauh" in den kleinen, dichten Partikeln zeigen feine periphere Körnung, die im ganzen wie ein dichter Rand aus Granula aussehen.

Zusätzlich zu denen von HIBBS (1962) beschriebenen großen Granula sind viel kleinere und stark osmiophile Pigmentgranula ($0,5 - 2 \mu$ Durchmesser) vorhanden. Diese werden weder in großen Mengen noch einzeln angetroffen, sondern in kleinen Haufen direkt unter der Cytoplasmamembran und auch in einigen Myoepithelzellen, (HIBBS 1962).

Die basalen Cytoplasmamembranen sind gefaltet. In den Kontaktfeldern zweier benachbarter Cytoplasmamembranen wurden Desmosomen gefunden, die ähnlich denen sind, die man in der Epidermis und anderen Geweben fand. Zwischen den Desmosomen sind auch Einfaltungen der Membranen vorhanden, obwohl diese weniger kompliziert sind als die der basalen Zellmembran. Die Cytoplasmamembranen der sezernierenden Zellen, die an das Lumen grenzen, haben zahlreiche Ausstülpungen oder Mikrovilli von beinahe 1μ Durchmesser. Diese sind in gleichmäßigem Abstand angeordnet und haben eine durchschnittliche Länge von 1μ . Im apikalen Cytoplasmagebiet sind keine Sekretgranula und keine Mitochondrien vorhanden. Kleine Bläschen von $0,5 - 1 \mu$ sind gewöhnlich anzutreffen, und zwar sehr zahlreich nahe der Zelloberfläche. Einige von diesen scheinen sich in das Lumen zu öffnen, (HIBBS 1962).

Zusätzlich zu den sezernierenden Zellen entdeckte HIBBS (1962) noch eine morphologisch von diesen verschiedene Zelle, deren Cytoplasma viel weniger dicht ist und kaum Sekretionsgranula enthält.

Canaliculi verlaufen im oberen Teil zwischen den aneinandergrenzenden Zellen. Zellmembranen bilden die feinen Vorsprünge oder Papillen in die Canaliculi, (CHARLES 1959).

Die sezernierenden Zellen der aktiven Drüse haben dichter geworden, aber kleinere und weniger Mitochondrien. Letztere enthalten Cristae. Die Mitochondrienmatrix ist extrem osmiophil, so daß bei kleinerer Vergrößerung die Mitochondrien wie kleine schwarze Körnchen im Elektronenmikroskop aussehen. Das Golgimaterial ist deutlicher als in den ruhenden Zellen. Es enthält hauptsächlich kleine Bläschen ($250 - 1000 \text{ \AA}$), aber auch größere, von denen einige abgeflacht sind.

Endoplasmatisches Reticulum ist selten und enthält nur wenige abgeflachte, granulabedeckte Membranen und Bläschen. Viel endoplasmatisches Reticulum ist wahrscheinlich durch das reichliche Sekretionsmaterial bedeckt, (HIBBS 1962).

Jede Zelle enthält viele Sekretionsgranula bis zu $5,0 \mu$ Durchmesser, die an der dem Lumen zugewandten Kernseite gruppiert sind. An den Randgebieten der meisten größeren Granula werden viele, besonders dichte Teilchen von ungefähr $100 \text{ \AA}$ im Durchmesser gefunden. Diese feinen Partikelchen bilden Ringe oder Halbmonde nahe der Granulaoberfläche.

Das apikale Cytoplasma der aktiven Zellen hat zum größten Teil keine Mitochondrien, behält aber noch seine Dichte. Die Lumenoberfläche trägt zahlreiche Microvilli, (HIBBS 1962). Die Lumina sind weder leer noch enthalten sie erkennbar eine Substanz, auf keinen Fall Zelltrümmer und Sekretionsgranula, (MONTAGNA 1953, CHARLES 1959, HIBBS 1962).

b) Sekretbildung.

Man kann im Elektronenmikroskop nicht die Sekretbildung, d. h. die Granulabildung, beobachten, sondern nur die verschiedenen Formen von Granula, die in sezernierenden und nicht sezernierenden Zellen vorhanden sind. Man kann nun versuchen sie in einer logischen Reihenfolge anzuordnen, aber man kann nicht die früheste Entwicklungsphase der Granula genau bestimmen. Zum ersten Mal hat HIBBS (1962), aufgrund seiner Beobachtungen an den apokrinen Schweißdrüsen, die logische Reihenfolge der Granulaentwicklung bis zur Freigabe des Sekretes aus der Zelle zusammengestellt:

1. Die Granula werden im Golgfeld als sich hell anfärbende Verdichtungen (von Material) gebildet.
2. Diese Verdichtungen ändern sich in der Zusammensetzung und werden stark osmiophil. Diese vermehrte Osmiophilie beginnt mit dem Erscheinen eines dunklen Körpers im Zentrum des Granulum, das sich ausweitert, bis die sich hell färbende Substanz völlig verdeckt ist.
3. Die daraus resultierenden Granula bleiben in der Zelle relativ unverändert, bis die Drüse zur Sekretion angeregt wird.
4. Während der Sekretion erweitern sich die dunklen Granula um ein Vielfaches, werden im Gewebe verteilt und weniger osmiophil.
5. Die Granula brechen dann anscheinend auseinander und gehen im apikalen Zellgebiet in Lösung.
6. Die Absonderung erfolgt dann in Form kleiner Tropfen durch das apikale Cytoplasma und die Cytoplasmamembran.

c) Ausführungsgang.

Die Zellen des Ausführungsganges sind deutlich von den sezernierenden Zellen zu unterscheiden. Sie sind verhältnismäßig reich an Mitochondrien, die gewöhnlich viel kleiner sind als die sekretorischen Zellen. Es sind keine Sekretgranula und Bläschen vorhanden, auch Golgistrukturen wurden nicht beobachtet. Ein gut entwickeltes Stachelsystem und viel tonofibrilläres Material ist im Cytoplasma mancher Zellen zu finden.

Die Papillen an den Zelloberflächen des Lumens ragen in dieses hinein. Sie bestehen aus einer äußeren dicken Membran, die ein homogenes Cytoplasma umschließt, (CHARLES 1959).

Die Ausführungsöffnung in den Haarfollikel ist sehr unregelmäßig und vielgestaltig. Die Flächen, die das Lumen einfassen, sind reich mit Papillen versehen. Auch sind Einzelzellen mit einem kräftig entwickelten Stachelsystem und viel tonofibrillärem Material vorhanden. Im Ausführungsgang kann man eine ansehnliche Menge von Bläschen und Zelltrümmern sehen, (CHARLES 1959).

3. Diskussion.

Das große Auflösungsvermögen des Elektronenmikroskopes hat es möglich gemacht, sich an Hand der lichtmikroskopischen und histochemischen Untersuchungen ein Bild von den kleinsten, mit dem Lichtmikroskop nicht mehr sichtbaren Partikelchen der Schweißdrüsen machen zu können.

Die in das Lumen ragenden Papillen, die man erst mit dem Elektronenmikroskop fand, dienen wahrscheinlich zur Vergrößerung des Oberflächenfeldes der Zelle, (CHARLES 1960).

Auch die Zellmembraneinfaltungen, die charakteristisch für diese Drüsen sind, vergrößern die Oberfläche der Zellen um viele Male und könnten daher beim Flüssigkeitsaustausch von Bedeutung sein, (HIBBS 1958).

Das mehr körnige Anhangsgebilde, das so eng den größten Sekretgranula kappenartig aufsitzt, aber dennoch so deutlich von ihnen getrennt ist, könnte vielleicht nach Meinung von CHARLES (1960) in seiner Zusammensetzung das Pigment "Lipofuchsin" sein, obwohl es keinen Anhaltspunkt für eine Pigmentierung gibt. Auf eine ziemliche Schwierigkeit stößt man bei den apokrinen Drüsen, bei denen die Granula ein ganz verschiedenes Aussehen haben, und man daher vermuten könnte, daß die sezernierenden Granula im Grunde genommen Reservedepots sind, um auseinanderzubrechen und in löslicher Form als Schweiß ausgeschieden zu werden, (CHARLES 1960).

Die Natur der intrazellulären Kanäle, die man gewöhnlich im Lichtmikroskop sah und die CHARLES (1960) als einziger in seinen elektronenmikroskopischen Beobachtungen beschrieb, ist unbekannt. Sie bilden kein gut abgegrenztes System, so daß sie Spuren eines endoplasmatischen Reticulums, Abarten des Golgisystems sein könnten oder vielleicht nur Zwischenräume, die mit einem elektronentransparenten Material angefüllt sind.

Es wurde für einige Zeit angenommen, daß Myoepithelzellen ektodermalen Ursprungs sind. Das Vorkommen der von HIBBS (1958) beschriebenen Zwischenzellarten legt nahe, daß es eine Umwandlung von sezernierenden Zellen in Myoepithelzellen geben könnte.

Die eosinophile Cuticula, die das Lumen der Gänge begrenzt, ist, wie in lichtmikroskopischen Präparaten beobachtet wurde, deutlich identisch mit den intrazellulären, dichten Feldern direkt unter den Luminaoberflächen der Gangzellen, (HIBBS 1958).

Die komplizierten Zellmembranfaltungen und die zahlreichen Mitochondrien der Zellen des Ausführungsganges unterstützen die Ansicht von LOBITZ und MASON (1948) und von MONTAGNA (1953) (zit. nach HIBBS 1958), daß die Gänge eine aktive Funktion haben.

SCHMIDT (1959) konnte das Saumrohr, die sog. Cuticula, noch in den schraubenförmigen Schweißgängen des stratum corneum nachweisen, so daß die Auffassung, die Schweißdrüse besitze in der Epidermis keinen eigentlichen Gang mehr, falsch ist.

Die von HIBBS (1962) in den apokrinen Duftdrüsen entdeckte, morphologisch andere Zellart, könnte nicht nur ein verschiedener Zelltyp sein, sondern könnte auch eine funktionelle Veränderung darstellen.

Der Ursprung der Sekretgranula war der Gegenstand der Betrachtung vor vielen Jahren. Die schmäleren Granula und Mitochondrien färben sich ähnlich und BRINKMANN, MINAMITAMI u. KUROSUMI (zit. nach HIBBS 1962) machten den Anfang mit der Behauptung, daß Mitochondrien sich direkt in Granula umwandeln.

MINAMITAMI führte einen Beweis an, nämlich, daß sich die Zahl der Mitochondrien in einer sezernierenden Zelle umgekehrt proportional zur Anzahl der sezernierenden Granula verhält.

Heute ist es mit Hilfe des Elektronenmikroskopes sehr leicht und mit völliger Sicherheit möglich, Mitochondrien von Sekretgranula zu unterscheiden.

Da die Elektronenmikroskopie nur das Studium von totem Gewebe erlaubt, ist es unmöglich, die tatsächliche Bildung der Granula zu beobachten.

Nach der Behauptung von BARGMANN (1962), die sich zwar nur auf

lichtmikroskopische Beobachtungen stützt, werden bei der Sekretion Cytoplasmakuppen von den Epithelzellen abgestoßen und diese erst im Lumen verflüssigt.

MONTAGNA und seine Mitarbeiter (zit. nach HORSTMANN 1957) halten es für möglich, daß die Sekretion über die feinen Papillen vonstatten geht.

Am klarsten hat HIBBS in dem unter 2 b) beschriebenen Bericht die Möglichkeiten des Sekretionsmechanismus zusammengestellt.

HURLEY und SHELLEY (1954) haben die Sekretbewegung durch das Lumen der sezernierenden Tubuli mit Hilfe der sich kontrahierenden Myoepithelzellen beschrieben, was der allgemeinen Auffassung der Sekretweiterleitung in apokrinen Drüsen entspricht.

C. ZUSAMMENFASSUNG

Die bis jetzt gemachten elektronenmikroskopischen Beobachtungen an den Hautanhangsgebilden wurden zusammengetragen und einander gegenübergestellt.

In der Haarmatrix wurden die Vesikeln des Golgi-Apparates der Melanocyten als Sitz der Pigmentbildung erkannt. Die Kollagenfibrillen des Haarbalges und der Glashaut zeigen eine feine Querstreifung. Die Glashaut, die lichtmikroskopisch wie eine hyaline Schicht aussieht, besteht aus zwei Schichten von Kollagenfibrillen, die senkrecht zueinander angeordnet sind.

Die innere Wurzelscheide und ihr charakteristisches interzelluläres Produkt, das Trichohyalin, und dessen Einlagerung in die einzelnen Schichten der inneren Wurzelscheide wurden beschrieben. Die interzelluläre dunkle Substanz wird von den Autoren als zementartiges Mittel zum Zusammenhalt der verhärteten Zellen angesehen.

In den Zellen der Cuticula lagert sich Keratin zunächst als amorphe Substanz ab und im Endstadium der Verhornung bleibt nur noch ein schmaler Zellsaum innen von Horn frei.

Die Keratinsubstanzen der Haarrinde entstehen in Form von Fibrillen (α -Keratin), zwischen denen sich eine osmiophile, amorphe Substanz aus γ -Keratin findet.

Der glatte Musculus arrector pili gleicht im allgemeinen der übrigen glatten Muskulatur. Es finden sich in den Zellen einige unbekannte Strukturelemente, die sich auch in ähnlicher Weise in der Epidermis finden.

Das Cytoplasma der sezernierenden Talgdrüsenzellen enthält reichlich Mitochondrien und wird mit zunehmender Größe der Fetteinlagerung mehr und mehr netzförmig. Bis zum Platzen der Talgzellen bleiben Mitochondrien nachweisbar.

Die genaue Sekretsynthese ist bis jetzt noch unbekannt und beruht nur auf Theorien.

Der Ausführungsgang besteht im Inneren aus zwei Strukturarten, einer glatten und einer netzförmigen, und zwischen beiden ist ein dichtes, feingranuliertes Material zu sehen.

In den ekkrinen Schweißdrüsen wurde das Vorhandensein der "dunklen" und "hellen" Zellen elektronenoptisch bestätigt und noch eine zwischen beiden Zellarten liegende Übergangszelle beschrieben. Im sekretbereitenden Abschnitt werden Lipoidgranula, die mit einer Kappe versehen sind, und reichlich Mitochondrien in den Zellen gefunden. Die "dunklen" Zellen haben keine sekretorische Granula und man nimmt daher an, daß es sich nur um Differenzen in der sekretorischen Phase handelt.

Im geraden und gewundenen Abschnitt des Ausführungsganges ist das Lumen von einer dunklen, mit Papillen versehenen Cuticula, umgeben. Das Lumen verengt sich mit Eintritt in die Epidermis und schließt sich dann fast ganz. Die Zellen enthalten dann Keratohyalinkörner und zwar unterhalb der Keratohyalinschicht der Epidermis.

Die elektronenmikroskopische Histologie der apokrinen Schweißdrüsen wurde beschrieben. Starke Einfaltungen der Zellmembranen und reichlich Mikrovilli an den Zellspitzen wurden beobachtet. In der Zelle ist der Golgi-Apparat deutlich ausgeprägt und Mitochondrien vom Cristaetyp sind zu sehen.

Den Mechanismus der apokrinen Sekretion festzustellen, ist sehr schwierig. Die Granula bilden sich in dem sich hell färbendem Material des Golgifeldes, vergrößern sich, brechen anscheinend entzwei und werden dann durch das apikale Cytoplasma und die Cytoplasma-membranen in Form kleiner Tropfen abgesondert.

Die papilläre Beschaffenheit der Zelloberflächen, die das Lumen des Ausführungsganges auskleiden, und die auffallende Menge an Mitochondrien und Mikrovilli in den Zellen lassen daran denken, daß sie eine gewisse Kontrolle auf die Zusammensetzung oder Konzentration des Schweißes ausüben.

NACHWORT

Abschließend sei es mir erlaubt, Herrn Professor Dr. A. MARCHIONINI zu danken für die Möglichkeit, diese Arbeit an seiner Klinik durchführen zu können.

Mein Dank gilt auch den Professoren des Anatomischen Institutes, die es mir ermöglichten, viel wertvolles Literaturmaterial in dieser Bibliothek einzusehen.

Mein ganz spezieller Dank möge Herrn Professor Dr. Th. NASEMANN gelten für die Überlassung dieses interessanten Themas und für die lebenswürdige Durchsicht dieser Arbeit.

D. LITERATURVERZEICHNIS

1. BARGMANN W.: Histologie und mikroskop. Anatomie des Menschen, G. Thieme Verlag, Stuttgart 1962
2. BARNICOT N.A., BIRBECK M.S.C., CUCKOW F.W.: The electron microscopy of human hair pigments. Ann. of Human Genet. 19, 231 (1955)
3. BIRBECK M.S.C., MER-CER E.H., BARNICOT N.A.: The structure and formation of pigment granules in human hair. Exper. Cell Res. 10, 505 (1956)
4. BIRBECK M.S.C., MER-CER E.H.: The electron microscopy of the human hair follicle.
 Part I: Introduction and the hair cortex.
 J. Biophys. Biochem. Cytol. 3, 203 (1957)
 Part II: The hair cuticle.
 J. Biophys. Biochem. Cytol. 3, 215 (1957)
 Part III: The inner root sheath and trichohyaline.
 J. Biophys. Biochem. Cytol. 3, 223 (1957)
5. BIRBECK M.S.C.: Electron microscopy of melanocytes: the fine structure of hair-bulb premelanosomes. Ann. N.Y. Acad. Sci. 100, 540 (1963)
6. BODINGBAUER J., KLIMA J.: Licht- u. elektronenmikroskop. Untersuchungen über den Feinbau des Hundehaares (Dobermannrasse) unter besonderer Berücksichtigung von Geschlechts- bzw. umweltbedingten Einflüssen. Mikr. Zentralblatt f. m. Forschg. u. Methodik, 15, 20 (1960)
7. BONSE A.: Feinbau und Funktion der Melanocyten in den Haarwurzeln pigmentierter u. weisser Kaninchen. Z.f. Zellforschg. 60, 504 (1963)
8. BRINKMANN, zit. nach HIBBS in J. Invest. Dermat. 38, 329 (1962)

9. CHARLES A.: Electron microscopic observations of the human sebaceous gland.
J. Invest. Dermat. 35, 31 (1960)
10. CHARLES A.: Electron microscope observations on hardening in the hair follicle.
Exper. Cell Res. 18, 138 (1959)
11. CHARLES A.: An electron microscope study of the eccrine sweat gland. J. Invest. Dermat. 34, 81 (1960)
12. CHARLES A.: An electron microscopic study of the human axillary apocrine gland.
J. of Anatomy (Ldn) 93, 226 (1959)
13. CHARLES A.: Electron microscopic observations of the arrector pili muscle of the human scalp.
J. Invest. Dermat. 35, 27 (1960)
14. DALTON, zit. nach BONSE in Z.f. Zellforsch. 60, 504 (1963)
15. ELLIS R., MONTAGNA W.: Electron microscopy of the duct, and especially the "cuticular border" of the eccrine sweat glands in Macaca mulatta.
J. Biophys. Biochem. Cytol. 9, 238 (1961)
16. GOLDSTEIN D. J.: On the origin and morphology of myoepithelial cells of apocrine sweat glands.
J. Invest. Dermat. 37, 301 (1961)
17. HAPPEY F., JOHNSON A.: Some electron microscope observations on hardening in the human hair follicle.
J. of Ultrastruct. Res. 7, 316 (1962)
18. HIBBS R. G.: The fine structure of human eccrine sweat glands. Amer. J. Anat. 103, 201 (1958)
19. HIBBS R. G.: Electron microscopy of human axillary sebaceous glands. J. Invest. Dermat. 38, 329 (1962)
20. HOEPKE, zit. nach BIRBECK und MERCER in J. Biophys. Biochem. Cytol. 3, 215 (1957)
21. HORSTMANN E.: Die Haut. Handbuch der mikr. Anatomie des Menschen. Berlin, Springer-Verlag III/3 (1957)
22. HORSTMANN E.: Die elektronenmikr. Struktur der Haut. Arch. klin. exper. Derm. 211, 18 (1960)

23. HORSTMANN E., KNOOP A.: Elektronenmikroskop. Studien an der Haut.
I. Rattenpfote. Z. Zellforschg. 47, 348 (1958)
24. ITO, zit. nach HORSTMANN im Handbuch d. mikr. Anatomie des Menschen Berlin, Springer-Verlag, III/3 (1957)
25. KLIGMANN A.M., SHELLEY An investigation of the biology of the human sebaceous gland.
J. Invest. Dermat. 30, 99 (1958)
26. KUNO, LOBITZ, MASON, zit. nach CHARLES in J. Invest. Dermat. 34, 81 (1960)
27. LADEN E., LINDEN I., ERICKSON J.: Study of normal skin with the electron microscope. Arch. of Dermat. 71, 219 (1955)
28. LITTER, SCHEIDT, LAMBART, zit. nach BODINGBAUER und KLIMA in Z. für mikr. Forschg. u. Methodik, 15, 20 (1960)
29. LOBITZ, MASON, zit. nach HIBBS in Amer. J. Anat. 103, 201 (1958)
30. MELCER N., DEME St.: Beiträge zur Tätigkeit der menschlichen Talgdrüsen. Dermatologica, 86, 24 (1942)
31. MERCER, LINDBERG, PHILIP, Zit. nach HORSTMANN im Handbuch d. mikr. Anatomie des Menschen. Berlin, Springer-Verlag III/3, (1957)
32. MINAMITAMI, zit. nach HIBBS in J. Invest. Dermat. 38, 329 (1962)
33. MONTAGNA W., NOBACK C. Pigments, lipids and other substances in the glands of the external auditory meatus of man. Amer. J. Anat. 83, 409 (1948)
34. MONTAGNA W., CHASE H. B. Histology and cytochemistry of human skin. V. Axillary apocrine sweat glands.
Amer. J. Anat. 92, 451 (1953)
35. MONTAGNA W.: Histology and cytochemistry of human skin. VIII. Mitochondria in the sebaceous glands. J. Invest. Dermat. 25, 117 (1955)

36. MONTAGNA, zit. nach ROGERS in Exper. Cell Res. 13, 251 (1957)
37. MONTAGNA, zit. nach HIBBS in Amer.J.Anat. 103, 201 (1958)
38. MONTAGNA, zit. nach CHARLES in J.Invest.Dermat. 34, 81 (1960)
39. MUNGER B.L.: The ultrastructure and histophysiology
 of human eccrine sweat glands.
 J.Biophys.Biochem.Cytol. 11, 385 (1961)
40. NICOLAS, zit. nach HIBBS in J.Invest.Dermat. 38, 329 (1962)
41. ROGERS G.E.: Electron microscope observations on
 the structure of sebaceous glands.
 Exper.Cell Res. 13, 517 (1957)
42. ROGERS G.E.: Electron microscope observations on the
 glassy layer of the hair follicle.
 Exper.Cell Res. 13, 521 (1957)
43. ROGERS G.E.: Some aspects of the structure of the in-
 ner root sheath of hair follicles revealed
 by light and electron microscopy.
 Exper.Cell Res. 14, 378 (1958)
44. SCHMIDT W.J.: Doppelbrechung und Feinbau des Saum-
 rohres (der sog. Cuticula) im Ausfüh-
 rungsgang der Schweißdrüsen des Men-
 schen. Z.Zellforschg. 49, 711 (1959)
45. SELBY, zit. nach BIRBECK und MERCER in J. Biophys.Biochem.
 Cytol. 3, 223 (1957)
46. SHELLEY W., LEVY E.: Histologic observations on the human
 apocrine sweat gland in health and disease.
 J. Invest.Dermat. 25, 249 (1955)
47. SUSKIND, zit. nach HORSTMANN im Handbuch für mikr. Anatomie
 des Menschen. Berlin, Springerverl.
 III/3 1957
48. STÖHR, zit. nach ROGERS in Exper. Cell Res. 13, 521 (1957)
49. WALLRAFF J.: Leitfaden der Histologie des Menschen
 Urban und Schwarzenbergverl. Mchn.
 Berlin 1962
50. WEINBERGER, zit. nach BODINGBAUER und KLIMA in Mikr.Z.
 f.mikr. Forschg. u. Methodik 15, 20
 (1960)
51. ZAHN, zit. nach HORSTMANN im Handbuch für mikr. Anatomie
 des Menschen. Berlin, Springerverl. III/
 3 1957

LEBENS LAUF

Am 17. August 1939 wurde ich, Elisabeth Jung, als Tochter des im Jahre 1960 verstorbenen Zahnarztes Dr. med. dent. Josef Jung und seiner Frau Dr. med. dent. Therese Jung, geb. Schenk, in München geboren.

Von 1945 bis 1949 besuchte ich die Volksschule in München-Harlaching. Meine weitere schulische Ausbildung erhielt ich im Humanistischen Gymnasium der Armen Schulschwestern am Anger in München. Dort legte ich im Juni/Juli 1958 die Reifeprüfung ab.

Meine Immatrikulation an der Ludwig-Maximilians-Universität München für das Studium der Zahnheilkunde erfolgte im Oktober 1958. Nach 5 vorklinischen Semestern machte ich im Februar/März 1961 das Physikum. Nach weiteren 5 klinischen Semestern an der Münchener Universität schloß ich mein Studium am 13. 4. 1964 mit dem Staatsexamen ab.

